Diseño y construcción del prototipo de una bomba de infusión tipo PCA para la administración de medicamentos

CATALINA TOBÓN ZULUAGA* , NATALIA HIGUITA CASTRO*, ROBINSON ALBERTO TORRES VILLA**

RESUMEN

El presente artículo contiene los resultados del proyecto de diseño y construcción de un prototipo de Bomba de Infusión tipo PCA (analgesia controlada por el paciente), para la administración de medicamentos, realizado como trabajo de grado para optar al titulo de Ingeniera Biomédica de la Escuela de Ingeniería de Antioquia – EIA y el Instituto de Ciencias de la Salud – CES.

El prototipo desarrollado permite la administración por vía intravenosa de medicamentos, principalmente analgésicos para el tratamiento del dolor, con previa programación de parámetros tales como el volumen de la dosis y la rata de infusión; adicionalmente permite a los pacientes auto-administrarse dosis extras, mediante el uso de un pulsador y visualizar en computador los datos programados.

ABSTRACT

The present article contains the results of the design and construction of an Infusion Pump PCA (patient controlled analgesia) prototype project, for the administration of medications, made as grade work to opt the Title of Biomedical Engineering of the EIA and CES Universities.

* Ingeniera Biomédica. Escuela de Ingeniería de Antioquia – Instituto de Ciencias de la Salud CES. catatobon@epm.net.co
** Ingeniero Electrónico. Docente del Programa de Ingeniería Biomédica. Escuela de Ingeniería de Antioquia – Instituto de Ciencias de la Salud CES.

The developed prototype allows the administration via intravenous of medications, mainly analgesic for treatment of pain, with previous programming parameters such as volume of the dose and the infusion rat; additionally it allows to the patient self-administer extra dose, by means of a pusher and to visualize in computer the scheduled data.

INTRODUCCIÓN

Una bomba de infusión es un equipo electromecánico que permite la infusión controlada y precisa de soluciones a los pacientes de servicios como hospitalización o unidad de cuidados intensivos, de una manera segura y programada. Es usada donde la precisión y un aporte constante de medicamentos son esenciales.

La implementación de bombas de infusión tipo PCA (analgesia controlada por el paciente) permite una recuperación más rápida y placentera, ya que el mismo paciente, según su propia percepción del dolor, es quien determina cuándo es necesario administrarse una dosis extra de medicamento.

Las Bombas de Infusión y sus suministros son importados al país por compañías multinacionales como Baxter y Abbott, los altos costos que ésto implica y su creciente demanda hacen que clínicas y hospitales los adquieran por medio de contratos de comodato, que los comprometen a comprar suministros sólo de estas multinacionales, a precios altos y lotes mínimos requeridos.

Con base en la anterior problemática se diseñó un proyecto de investigación cuyos objetivos se orientaron al diseño y construcción de un prototipo de Bomba de Infusión de medicamentos tipo PCA, con la finalidad de disminuir costos de adquisición para centros médicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto es de tipo exploratorio. Se divide operativamente en seis etapas que muestran el orden secuencial de las actividades desarrolladas para su realización: recopilación de información, realización de entrevistas y encuestas, clasificación y análisis de la información recopilada, diseño del prototipo, construcción del prototipo y monitoreo del prototipo desarrollado.

Los diseños electrónico y mecánico del prototipo, se hicieron implementando conocimientos en electrónica análoga y digital, diseño mecánico, informática y en el manejo de softwares tales como MPLAB, para la programación de microcontroladores; EAGLE, para el desarrollo de placas impresas, Hyperterminal, para la visualización de datos en el computador, COREL DRAW y TURBOCAD, para la realización de planos del teclado de membrana y carcasa del prototipo.

Los componentes electrónicos empleados fueron principalmente: microcontroladores (PICs 16F873 y 16F877), pantallas de cristal líquido (LCD 2x16 y 4x20), teclado matricial de membrana (fabricado por el Ingeniero Hernando Vanegas), circuito integrado OR (74LS32N), puente H, circuito integrado MAX 232, circuito integrado LF 353N, sensores y pulsador (swiches), transistor NPN 222A, cable serial DB9 y motor DC (3P55-03, EMS W.5755).

Los componentes mecánicos empleados fueron: un tornillo sin fin, tuerca, sistema de engranaje de dos piñones, carcasa (fabricada en lámina de multienchape) y soportes para la jeringa y la carcasa.

Finalizada la construcción del prototipo se llevó a cabo un monitoreo, que incluyó el registro del volumen desplazado al programar diferentes dosis y el tiempo entre éstas. La información se consignó en formatos técnicos previamente diseñados.

ESTADÍSTICAS

Mediante encuestas realizadas a personal de enfermería de diferentes entidades de salud, se realizó un estudio acerca de la utilización, efectividad, demanda y relación costo-beneficio de las bombas de infusión, los siguientes fueron los resultados obtenidos:

81% de las entidades emplean bombas de infusión tipo peristáltico y 19% tipo jeringa, de marca Abbott y Baxter, en su gran mayoría.

96% de los encuestados opinan que la utilización de bombas de infusión es indispensable en el ámbito clínico y hospitalario, ya que estos equipos agilizan su trabajo.

57% calificaron como muy alta y 19% como alta la demanda de estos equipos en el ambiente hospitalario, pero en el 54% de los casos no se cubre.

La precisión y exactitud de estos equipos, en las dosis infundidas y los intervalos de tiempo entre dosis fueron consideradas excelentes por 73% de los encuestados. Sin embargo se han presentado problemas esporádicos de infusiones fuera de tiempo y con volúmenes inadecuados y problemas de goteo extra por el mal funcionamiento de los sistemas de cierre.

El 12% de los encuestados consideran difícil la programación y el manejo de estos equipos.

RESULTADOS

El prototipo construido es una bomba de infusión PCA tipo jeringa, que permite la infusión de medicamentos de tres formas diferentes: continua, en la cual el paciente recibe periódicamente dosis de medicamento; PCA (analgesia controlada por el paciente), en la cual el paciente, mediante un pulsador, se auto-administra dosis de medicamento según la intensidad de su dolor, con restricciones que evitan sobredosis; y una forma combinada (PCA + continuo) en la cual el paciente recibe continuamente dosis de medicamento y al mismo tiempo se puede autoadministrar dosis extras cuando tiene un dolor muy alto. Adicionalmente, permite enviar datos a un computador como la hora, la fecha, los volúmenes infundidos y el tiempo entre dosis; cuenta además con un sistema de alarmas que alerta de problemas en el funcionamiento.

El sistema electrónico se encarga de:

- Almacenar en memoria, procesar y mostrar en pantalla los datos introducidos a través del teclado, por la enfermera o médico tratante.
- Sensar la ausencia de la jeringa, terminación del medicamento y oclusión en la línea, para dar aviso mediante la activación de alarmas y mensajes en pantalla.
- Habilitar la opción de purgar la línea antes de comenzar las infusiones.
- Detectar la activación del pulsador para la auto-administración de medicamento por parte del paciente en el modo PCA o PCA + continuo.
- Llevar el conteo de las dosis administradas al paciente.
- Detener momentáneamente la administración del medicamento y reestablecerla cuando se desee, sin perder los datos previamente programados.
- Enviar datos, tales como hora, fecha, modo de funcionamiento, volúmenes infundidos y tiempo entre dosis a un computador.
- Activar el sistema mecánico para suministrar la dosis de medicamento al paciente por medio del movimiento del motor.
- Indicar el tipo de alimentación que está empleando el prototipo, es decir por red de corriente alterna o batería y el estado batería baja.

El sistema mecánico es el encargado de generar el movimiento lineal del émbolo de una jeringa adaptada a la carcasa del prototipo, para realizar la infu-

sión del medicamento a través de una extensión (catéter intravenoso).

Físicamente, en la parte interna del prototipo se ubican las placas de circuito impreso con sus respectivas conexiones, en la parte frontal los dos módulos de pantallas LCD y el teclado de membrana; en la parte lateral derecha se ubican el botón para encender el equipo y el pulsador para el paciente con su correa de sujeción; en la parte lateral izquierda los soportes para la jeringa con los respectivos sensores. Y en la parte posterior la salida del cable de alimentación del equipo, un conector DB9 para comunicación con el computador, el manual de usuario y un sistema de sujeción al atril, el cual se complementa con un soporte giratorio dispuesto en la parte superior de la carcasa. El prototipo desarrollado se presenta en la fotografía:





Cara frontal



Cara posterior

Mediante el monitoreo realizado, se observó que los errores en la medición del volumen infundido vs volumen programado variaron entre 0 y 20 %; y los errores que se obtuvieron para los valores de tiempo registrados variaron entre 0.0096 y 0,0412 %, En base a estos resultados, se concluye, que el prototipo provee un control efectivo de los tiempos de administración entre dosis de medicamento, sin embargo, no cumple con los requerimientos de exactitud en el volumen, necesarios para la infusión de analgésicos, por lo tanto se debe realizar una calibración del equipo.

DISCUSIÓN

Las bombas de infusión PCA (analgesia controlada por el paciente) brindan un excelente apoyo terapéutico y psicológico para la plena recuperación de los pacientes, permitiendo estancias cortas en

hospitales y clínicas, así como el inicio temprano de la rehabilitación; ya que le permiten al paciente controlar su propio dolor, mediante la auto-administración de una dosis prefijada de medicamento.

A pesar de la importancia de estos equipos, no se fabrican en nuestro país y sólo las instituciones de alto nivel cuentan con bombas de infusión tipo PCA, principalmente en las clínicas del dolor, esto se debe a factores económicos; por lo tanto, el prototipo desarrollado sirve como base para la futura producción de estos equipos en el país, ya que el costo estimado de éste es de 337 dólares, lo cual disminuye considerablemente su costo de adquisición, en comparación con el de equipos importados (de 1000 a 3000 dólares).

La investigación permitió establecer que en nuestro país hay un mercado potencial para la comercialización de bombas de infusión. Ya que su demanda en el ambiente hospitalario es alta y en la mayoría de los casos, para las instituciones de nuestro departamento, no se cubre.

BIBLIOGRAFÍA

1. Duque E. Curso básico de microcontroladores PIC. Pereira: CEKIT S.A. compañía editorial tecnológica, 1997.
2. Martín E, Angulo JM, Angulo I. Microcontroladores PIC. 2 ed. Revisada. Madrid: Editorial Paraninfo, 1998.
3. Floyd TL. Fundamentos de sistemas digitales, 6ª edición. Madrid: Prentice Hall, 1997.
4. Abia JL. Elementos de dibujo mecánico y diseño. Bogotá, 1979.
5. Fundación Clínica Shaio. Manual sobre uso de PCA para pacientes con dolor.
6. Abbott Laboratorios de Colombia S.A, División de productos hospitalarios. Manejo efectivo del dolor.
7. Gomezese OF. Analgesia controlada por el paciente (PCA) en cirugía cardiotorácica, experiencia de 13 años de la Fundación Cardiovascular de Oriente Colombiano. Revista Medunab Abril 2001. 4(10):1-7.
8. Guyton AC, May JE. Tratado de Fisiología Médica, 9ª edición. México: McGraw-Hill, 1997.
9. Normas de Dolor. Resolución Nº 932/2000 del Ministerio de Salud del 18/10/2000. República de la Argentina. Disponible en: http://www.anestesia.org.ar/
10. Temática sobre el dolor. Disponible en: www.virtual.unal.edu.co/cursos/enfermeria/53875/docs/tematica.html
11. Aspectos generales sobre los analgésicos. Disponible en: www.geocities.com/jesus319_2000/analgesico.htm
12. www.anestesiologiacarabobo.com/articulos/analgesia-postoperatoria.htm
13. Administración Intranasal de Fármacos. En: Anestesiología Mexicana en Internet. Disponible en: www.anestesia.com.mx/art-18.html
14. Ferrandiz M, Catala E, Aliaga L, Serra R, Villar-Landeira JM. Opioides por via espinal en el dolor oncológico. Disponible en: pages.madinfo.pt/anaesthesia/congress/rev16_4.html
15. Sistemas de Infusión. Disponible en: www.drscope.com/privados/pac/anestesia/a1/p59.htm
16. www.seeic.org/hcuproce/bomba.pdf
17. Rodriguez LM. Sistemas de Infusión. Disponible en: www.medynet.com/usuarios/jraguilar/infusion.htm
18. Baxter / Travenol. Infusión Devices. Disponible en: www.msdistributors.com/biomed/meh/FLOGARD.HTM
19. Production Engineering - Medical Equipment Division. Pumps, infusion, suction and feeding. Disponible en: www.pemed.com/surgery/pumps/pumps.htm
20. Baxter. Principios y usos de la bomba de infusión. Disponible en: www.baxter.com.ve/pwrpnt/infusion.ppt